

## Avaliação de uma câmara de ionização tipo lápis especial pelo método de Monte Carlo

### Evaluation of a special pencil ionization chamber by the Monte Carlo method

**Dalila Mendonça<sup>1</sup>, Lucio P. Neves<sup>1</sup>, William S. Santos<sup>2</sup>, Linda V. E. Caldas<sup>2</sup>, Ana P. Perini<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia (INFIS/UFU), Caixa Postal 593, 38400-902, Uberlândia, MG, Brasil; <sup>2</sup> Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN/CNEN-SP), 05508-000, São Paulo, SP, Brasil

E-mail: anapaula.perini@ufu.br

**Resumo:** Uma câmara de ionização tipo lápis especial, desenvolvida no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, foi caracterizada por meio de simulação de Monte Carlo para determinar a influência dos seus componentes na sua resposta. As principais diferenças entre esta câmara de ionização e as câmaras de ionização comerciais são relacionadas à sua configuração e os materiais constituintes. As simulações foram conduzidas empregando-se o código de Monte Carlo MCNP-4C. A maior influência obtida foi para o corpo de PMMA: 7,0%.

**Palavras-chave:** câmara de ionização, Monte Carlo, dosimetria, tomografia computadorizada

**Abstract:** A special pencil type ionization chamber, developed at the Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, was characterized by means of Monte Carlo simulation to determine the influence of its components on its response. The main differences between this ionization chamber and commercial ionization chambers are related to its configuration and constituent materials. The simulations were made employing the MCNP-4C Monte Carlo code. The highest influence was obtained for the body of PMMA: 7.0%.

**Keywords:** ionization chamber, Monte Carlo, dosimetry, computed tomography

#### 1. INTRODUÇÃO

Câmaras de ionização são detectores de radiação comumente utilizados em hospitais e laboratórios na área de radiodiagnóstico e radioterapia. Na área de radiodiagnóstico, as câmaras de ionização

são utilizadas para a realização de testes de controle de qualidade em equipamentos de raios X que permitem monitorar as doses de radiação envolvidas em exames de radiodiagnóstico.

Dentre os diferentes tipos de câmaras de ionização, tem-se a câmara de ionização tipo lápis, que possui um formato cilíndrico com um volume sensível de 3,00 cm<sup>3</sup> e comprimento de 10,00 cm [1]. Esta câmara de ionização é indicada para a dosimetria em equipamentos de tomografia computadorizada, pois devido a sua geometria ela apresenta uma resposta uniforme em todos os ângulos em que a radiação incide.

Recentemente, no Laboratório de Calibração do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (LCI) foi desenvolvida uma câmara de ionização tipo lápis com as seguintes características: comprimento do volume sensível de 1,00 cm e volume sensível de 0,34 cm<sup>3</sup>. As principais diferenças entre esta câmara de ionização e as câmaras de ionização comerciais são relacionadas à sua configuração e aos materiais constituintes. Na câmara de ionização avaliada neste trabalho, um material alternativo foi utilizado para a parede, e uma nova posição do conector BNC foi considerada. Esta câmara já foi caracterizada experimentalmente para ser utilizada para mapeamento de campo de raios X, apresentando resultados bastante satisfatórios [2].

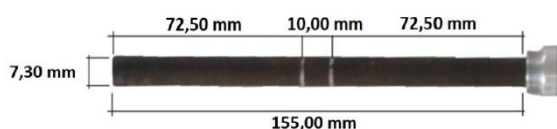
Observando-se o fato desta câmara de ionização apresentar características distintas das comerciais, neste trabalho ela foi avaliada com o código de Monte Carlo MCNP-4C para determinar a influência dos seus componentes em sua resposta. Os componentes avaliados foram: corpo de PMMA, eletrodo coletor, conector BNC e material da parede da câmara de ionização.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A câmara de ionização tipo lápis caracterizada neste trabalho foi desenvolvida no LCI utilizando somente materiais nacionais de custo baixo. A tabela 1 mostra as especificações técnicas e a figura 1 mostra uma foto da câmara de ionização avaliada neste trabalho.

**Tabela 1.** Características da câmara de ionização tipo lápis.

Características	Especificações
Material do eletrodo coletor	Alumínio
Material da parede	PVC com uma camada de grafite
Diâmetro do eletrodo coletor	1,22 mm
Diâmetro do interior da câmara de ionização	6,72 mm
Espessura da parede	0,26 mm
Comprimento do volume sensível	10,00 mm
Tipo de conector	BNC
Volume sensível	0,34 cm <sup>3</sup>



**Figura 1.** Câmara de ionização tipo lápis avaliada neste trabalho.

Para simular a câmara de ionização tipo lápis, foi utilizado o código de Monte Carlo MCNP-4C. Este código permite simular o transporte de diferentes tipos de radiações ionizantes. A simulação foi baseada nas dimensões reais da câmara de ionização como apresentadas na tabela 1 e figura 1. Também foram incluídos todos os seus principais componentes como: parede de PVC, eletrodo coletor de alumínio, corpo de PMMA e o conector BNC.

Durante as simulações foi utilizado um espectro de tomografia computadorizada (TC). O espectro empregado nas simulações foi referente à qualidade de referência de TC, RQT 9, estabelecida no LCI. As características desta qualidade de referência são: tensão no tubo de 120 kV, camada semirredutora de 8,40 mmAl e taxa de kerma no ar de  $(34,01 \pm 0,5)$  mGy/min.

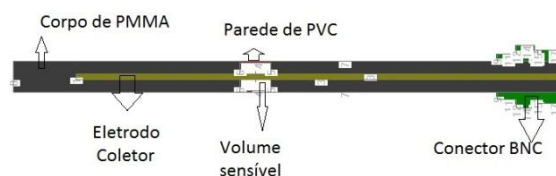
O espectro de TC foi fornecido pelo Laboratório Padrão Primário da Alemanha Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB) [3]. Este espectro foi adquirido no PTB em um equipamento de raios X da marca Yxlon, a uma distância de 100,0 cm do ponto focal do tubo de raios X, mesma distância utilizada neste trabalho. Embora os equipamentos de raios X do LCI e do PTB não sejam do mesmo fabricante, e possuam algumas diferenças entre suas respectivas filtrações, os valores de camada semirredutora são similares, seguindo recomendações da norma IEC 61267 [4]. Este espectro já foi avaliado em outro trabalho e apresentou boa concordância entre os resultados experimentais feitos no LCI e simulados, com uma diferença máxima de 2,8% [5].

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os componentes da câmara de ionização tipo lápis foram estudados para avaliar suas respectivas influências sobre a energia depositada no volume sensível da câmara de ionização, utilizando a qualidade de radiação para TC, RQT9.

A câmara de ionização simulada com os diferentes componentes é mostrada na figura 2. A tabela 2 mostra os resultados obtidos. As razões entre as energias depositadas foram calculadas dividindo-se a resposta da câmara de ionização sem o componente em estudo e a resposta com a câmara de ionização completa, exceto para a parede de PMMA no lugar de PVC. Neste caso, a razão foi obtida pela divisão entre a

resposta da câmara com parede de PMMA e a resposta com a parede de PVC. O material do componente em estudo foi substituído por ar (mesmo material em torno da câmara de ionização) durante as simulações.



**Figura 2.** Geometria da câmara de ionização tipo lápis empregada nas simulações com seus principais componentes.

**Tabela 2.** Influência dos componentes da câmara de ionização tipo lápis na energia depositada em seu volume sensível para a qualidade de radiação RQT9.

Componente estudado	Razões entre as energias depositadas
Conector BNC	1,00
Eletrodo coletor	1,01
Corpo de PMMA	0,93
PMMA no lugar de PVC	1,04

A partir dos resultados da tabela 2, é possível observar que o conector BNC e o eletrodo coletor não têm influência significativa sobre as medições das câmaras de ionização. O estudo do conector foi importante, pois a sua posição (junto ao corpo da câmara de ionização) é diferente das demais câmaras de ionização comerciais onde o conector é ligado à câmara de ionização por meio de um cabo. O corpo de PMMA teve uma influência maior devido ao fato de seu tamanho ser grande em relação ao tamanho da câmara de

ionização e por este limitar o volume sensível. É ainda possível verificar que o tipo de material da parede tem diferentes influências na câmara de ionização. Quando o material da parede foi substituído de PVC por PMMA foi possível observar uma diferença de 4,0% na energia depositada no volume sensível da câmara de ionização.

#### 4. CONCLUSÃO

Neste trabalho um tipo especial de câmara de ionização, utilizada para mapeamento de campo de radiação X, foi caracterizada por meio de simulação de Monte Carlo. A principal motivação para este estudo está relacionada às diferenças que a câmara de ionização avaliada neste trabalho tem em relação às câmaras de ionização comerciais. As principais diferenças são o conector junto ao corpo da câmara de ionização e o material da parede de PVC, enquanto nas câmaras de ionização comerciais o material é geralmente PMMA. As simulações mostraram que o conector BNC e o eletrodo coletor têm uma influência insignificante na resposta da câmara de ionização. A maior influência encontrada foi para o corpo de PMMA (7,0%). Portanto, os resultados obtidos mostraram que a configuração da câmara de ionização analisada neste trabalho constitui uma boa alternativa para uso em mapeamento de campo de radiação X, porque ela é fácil de construir e apresenta um custo relativamente baixo.

#### **Agradecimentos:**

Os autores deste trabalho receberam suporte financeiro das seguintes agências: CAPES (Projeto Pró-Estratégia no. 1999/2012), CNPq (Projeto no. 304789/2011-9), INCT (Projeto INCT Metrologia das Radiações na Medicina) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG.

#### **Referências Bibliográficas**

- [1] Suzuki A and Suzuki M.N 1978 Use of a pencil-shaped ionization chamber for measurement of exposure resulting from a computed tomography scan. *Med. Phys.* **5** (6), 536-9
- [2] Perini A P, Neves L P, Vivolo V, Xavier M, Khoury H J and Caldas, L V E 2012 Characterization of a CT ionization chamber for radiation field mapping. *Appl. Radiat. Isot.* **70**, 1300-3
- [3] Büermann L 2012 PTB Radiation Qualities for Calibration of Secondary Standards PTB [Online]. Disponível em: <http://www.ptb.de/en/org/6/62/625/pdf/strhlq.pdf>
- [4] IEC International Electrotechnical Commission, 2005 Medical Diagnostic X-ray Equipment—Radiation Conditions for use in the Determination of Characteristics, IEC Standard 61267
- [5] Perini A P, Neves L P, Fernandez-Varea J M, Büermann L and Caldas L V E 2013 Evaluation and simulation of a new ionization chamber design for use in computed tomography beams. *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **60**, 768-73